

TARTU ÜLIKOOL
Meditšiiniteaduste valdkond
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Märt Lellsaar

Valgutarbimise mõju jõutreeningu efektiivsusele
Protein intake: impact on the efficiency of resistance training

Bakalaureusetöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja:
Prof. Vahur Ööpik

Tartu, 2017

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	3
1. TOITAINETE OPTIMAALNE VAHEKORD INIMESE TOIDUS.....	4
2. SPORTLASE TOITUMISVAJADUSI MÕJUTAVAD TEGURID.....	6
2.1. Treeningu- ja võistluskoormuste maht.....	6
2.2. Treeningu- ja võistluskoormuste intensiivsus.....	7
2.3. Treeningu suunitlus.....	8
2.4. Spordialade spetsiifilisusest lähtuvad erinevused.....	9
3. AKUUTSE TREENINGKOORMUSE MÕJU LIHASVALKUDE AINEVAHETUSELE .	11
4. VALGUTARBIMISE MÕJU JÕUTREENINGU EFEKTIIVSUSELE.....	14
4.1. Valgu kogus.....	14
4.2. Valgu kvaliteet	17
4.3. Valgutarbimise ajastus treeningu suhtes.....	20
4.4. Päevase valgukoguse jaotus põhisöögikordade vahel	23
4.5. Valgupõhised toidulisandid vs valgurikkad toiduained.....	24
KOKKUVÕTE.....	27
KASUTATUD KIRJANDUS.....	28
SUMMARY.....	32

SISSEJUHATUS

Jõutreeningu efektiivsus on võtmetegur paljude spordialade tulemuste parandamiseks ning ka eakamatel inimestel parandab lihasjõu kasv olulisel määral iseendaga toimetuleku taset. Enamgi veel, vanemaeliste populatsioonis on tervishoiukulutusi võimalik vähendada siis, kui selles populatsioonis on suurem nende osakaal, kes tulevad igapäevaeluga toime ilma kõrvalist abi vajamata. Lihaste jõud on sihipärase ja regulaarse treeninguga arendatav igas eas inimestel. Jõutreeningul esineb organismis kahte liiki reaktsioone, mille tõttu lihasjõud paraneb: neuraalne kohanemine ehk neuraalne adaptatsioon ja lihaste hüpertroofia (Folland & Williams, 2007). Esimesena ilmneb neuraalne kohanemine – peamiselt sellest tulenebki jõunäitajate kiire areng regulaarse jõutreeninguga alustamise järgselt esimeste nädalate ja kuude vältel. Kauem jõutreeninguga tegeledes hakkab lihasjõu edasine suurenemine sõltuma lihaste hüpertroofiast, mis väljendub lihaskiudude, lihaste ristlõike pindala ning lihasmassi kasvus (Folland & Williams, 2007).

Lihashüpertroofiat on võimalik mõjutada toitumislake teguritega ning toitumise ja treeningu efektiivsuse vahel leitud korrelatsiooni on tõestanud mitmed uurimused üle maailma (Churchward-Venne *et al.*, 2014; Tang *et al.*, 2007). Jõutreeningu positiivsed efektid avalduvad veel ka luukoe tihenemises, südame- ja vereringesüsteemi paremas talitluses, keha rasvamassi ja rasvaprotsendi madaldamise osas ning suurendab kudede insuliinitundlikkust (Westcott, 2012). Jõutreeningu peamiseks eesmärgiks on enamasti siiski lihaste jõu suurendamine. Viimastel aastatel on jõutreeningu alaste teaduslike uuringute fookusse kerkinud küsimus, milliseid toiduvalke kuidas tarbides oleks jõutreeningu tulemused võimalikult suure efektiivsusega.

Bakalaureusetöö teema on erinevate tervisevaldkonnaga seotud väljaannete põhjal ülemaailmsel tasemel nii tipp- kui harrastussportlaste seas aktuaalne. Leidub hulgaliselt uurimusi valkude ja aminohapete tarbimise mõju kohta lihaste metabolismis (Churchward-Venne *et al.*, 2012), kuid ülevaatlikku eestikeelset kokkuvõtet sel teemal leida on keeruline. Autoripoolne teemavalik bakalaureusetöö puhul on põhjendatud eesmärgiga just selline uuemal teaduslikul kirjandusel põhinev töö teadvuslikkuse tõstmiseks koostada. Kokkuvõtvalt: käesolevas bakalaureusetöös on analüüsitud teadusartikleid, mis laias käsitluses leiavad seaduspärasusi valkude tarbimise ja jõutreeningute tulemuslikkuse vahel.

Märksõnad: lisavalguallikad, lihasvalkude süntees, jõutreening, treeningu efektiivsus.

Key words: additional protein source, muscular protein synthesis, resistance training, training efficiency.

1. TOITAINETE OPTIMAALNE VAHEKORD INIMESE TOIDUS

Toitumise peamised funktsioonid on organismi toimimiseks vajaliku energia omandamine, vajalike ühenditega varustamine, mis tagavad rakkude ja kudede uuenemise ja kasvu (võtmeroll valkudel) ning ainevahetustalitluse probleemide vältimine (vitamiinid ja mikrotoitained). Toiduenergia omandamine on osa ainevahetuse protsessist ehk metabolismist (Zilmer *et al.*, 2010). Eesti keele seletav sõnaraamat kirjeldab ainevahetust kui biokeemiliste protsesside kompleksi, mille kaudu organism on ühenduses keskkonnaga (EKSS, 2017). Ainevahetus ise jaotatakse kaheks – anabolismiks ja katabolismiks. Anabolism tähendab väiksemate üksuste suurematesse ja keerulisematesse struktuuridesse liitmist ning see iseloomustab organismi organite ja kudede uuenemist ning kasvu. Katabolism on kudede lammutamine – destruktiivsed protsessid, mis hõlmavad lisaks paljudele muudele molekulaarsetele struktuuridele ka valkude lagunemist madalamatesse konformatsioonidesse e denaturatsiooni (Zilmer *et al.*, 2010).

Toiduenergia vajadus on igal inimesel erinev, kuna see sõltub paljudest teguritest. Eesti toitumis- ja liikumissoovitustes tuuakse välja kolm peamist tegurit, milleks on: inimese kehalise aktiivsusega seotud energiakulu; energiakulu, mis on seotud toidu seedimise ja toitainete omastamisega; põhiainevahetusega seotud energiakulu, mis tähendab organismi eluks vajalikke funktsioonide toimimiseks kuluvat energiat (nt hingamine, südametöö jne) (TAI, 2015).

Eesti toitumis- ja liikumissoovitustes tuuakse protsentuaalselt välja soovituslik toiduenergia tarbimise jaotus erinevate toidukordade vahel, mille kohaselt võiks 20-25% moodustada hommikusöök, 25-30% lõunasöök ja 25-30% õhtusöök. Lõuna- ja õhtuoodetena soovitatakse tarbida kokku kuni 25% päevasest toiduenergiast (TAI, 2015).

Protsentuaalselt väljendatakse ka energiat andvate makrotoitainete ja rasvhapete koguseid toiduenergiast. Makrotoitained, milleks on valgud, rasvad ja süsivesikud, võiksid Eesti toitumis- ja liikumissoovituste kohaselt jaguneda järgmiselt: valke tuleks tarbida 10-20% soovituslikust energiast, millele vastab normkaalu ja adekvaatse lihasmassiga inimesel 0,8-1,5 grammi valku ühe kilogrammi kohta päevas (g/kg päevas). Suurema lihasmassiga jõu- või vastupidavustreeninguga tegelevad sportlased vajavad suuremaid päevaseid valgukoguseid (1,2-1,8 g/kg päevas) (TAI, 2015), mõnede andmete kohaselt isegi 2-3 g/kg päevas (Tipton & Wolfe, 2004). Rasvu tuleks tarbida 25-35% soovituslikust energiast (sh küllastunud rasvhappeid maksimaalselt 10%, monoküllastumata rasvhappeid 10-20% ning

polüküllastumata rasvhappeid 5-10% soovituslikust energiast) ja süsivesikud 50-60% soovituslikust energiahulgast (TAI, 2015).

Rahvusvahelise Tervise Organisatsiooni (WHO – *World Health Organization*) soovitused valgutarbimise osas kattuvad Eesti Tervise Arengu Instituudi poolt soovitatavaga nii palju, et turvaliseks koguseks ehk koguseks, millest vähem ei soovitata tarbida, on täiskasvanud inimestel 0,83 g/kg päevas. Seda kogust loetakse ühesuguseks nii meestel kui naistel sõltumata kehakaalust ja vanusest. Kindlat ülempiiri WHO seadnud pole, tuues välja, et seda polegi otseselt määratud ning kinnitades, et igasugused riskid on välistatud, kui see annus ka kahekordne oleks. Ettevaatusega võiks suhtuda, kui päevane valgutarbimise kogus on juba 3-4 korda kõrgem soovituslikust kogusest. Suuremad päevased valguannused, kui 0,83 g/kg on WHO hinnangul vajalikud väikelastele ning rasedatele ja imetavatele naistele (WHO, 2007).

Humayun *et al.* (2007) soovisid ümber hinnata seniseid soovituslikke päevaseid valguannuseid, kuna nende määramisel oli kasutatud seni uuringutes laialdaselt kasutatud lämmastiku tasakaalu meetodit, mis ei ole piisavalt täpne. Humayun *et al.* (2007) hindasid valguvajadust aminohapete oksüdeerimise intensiivsuse muutuste alusel erinevate valgukoguste manustamise foonil ning leidsid, et täiskasvanud inimesele minimaalselt vajalik toiduvalgu kogus on 0,93 g/kg päevas, mis on 12% kõrgem WHO soovituslikust kogusest.

2. SPORTLASE TOITUMISVAJADUSI MÕJUTAVAD TEGURID

Sportlaste toitumisvajadused erinevad tavapopulatsioonist suurel määral, kuna sportlaste kehaline aktiivsus on mittesportlasega võrreldes regulaarelt kõrgemal tasemel. Seepärast on sportlaste toidutarbimine kohandatud kulutatud energia taastamisele ja organismi (sh lihaskoe) valgusünteesi parandamisele, mis nõuab suuremaid süsivesikute ja valkude koguseid (Stellingwerff *et al.*, 2011). Toitumisvajaduste kohandamine sõltub seejuurest mitmest treeningute parameetrist nagu koormuse maht, intensiivsus, treeningu suunitlus ja ka spordiala spetsiifilisus.

2.1. Treeningu- ja võistluskooormuste maht

Kaasaja arusaam jõutreeningutest ja selles tulemuslikkuse saavutamine tähendab regulaarseid treeninguid ja teadlikke treeningvõtteid spordialaspetsiifiliste jõunäitajate parandamiseks. Lisaks on oluline olla treeningutel distsiplineeritud ja kursis uuemate teadmistega toitainete tarvitamises treeningjärgselt, mis võiksid parandada taastumist treeningutes ja stimuleerida lihasvalkude sünteesi. Jõutreeninguga tegelevate sportlaste eliidis on regulaarsed kõrge mahu ja intensiivsusega koormused, seega peavad olema sportlaste ja treenerite teadmised toitainete kasutamise kohta ammendavad ning treeningperioodil toitainete tarbimine hästi reguleeritud (Phillips & Van Loon, 2011). Kehaliste koormuste suur maht on omane eelkõige vastupidavusalade sportlastele. Suurenenud treeningmaht tekitab omakorda defitsiidi energiavajadustes, mis võimendab süsivesikute vajadust organismis. See tähendab, et treeningutest taastumine peab olema küllaldane ning sportlased peavad tarbima piisaval hulgal toitaineid, mis neil paremini taastuda aitavad.

Stellingwerff *et al.* (2011) uurimuse järgi tegelevad sportlased treeningperioodi alguses lihasvõimsuse arendamiseks suurte mahtudega aeroobse treeninguga ning võistlusfaasis kõrge intensiivsusega jõutreeningutega. Seesuguse treeningute jaotamisega erinevateks perioodideks loovad sportlased aluse hilisemateks headeks tulemusteks. Erinevad treeningperioodid võivad aga teineteisest drastiliselt erineda koormuste mahult ja intensiivsusest ning seetõttu nõuavad need perioodid ka individuaalset lähenemist sportlase organismi toitumisvajadustele. Keha energiavajaduste katmiseks võistlusteks ettevalmistumise faasis ehk suure mahuga treeningperioodil on vajalik kogu treeningperioodi kestel suurendada süsivesikute tarbimist, mis on primaarne energiaallikas. Seega on süsivesikurikaste toiduainete tarbimine sel perioodil kasuks energiadefitsiidi vältimiseks (Stellingwerff *et al.*, 2011). Valkude tarbimise osas on üldiselt kogused sõltuvuses treeningu

mahust ja kvaliteedist. Siiski on suurte mahtudega treenivale sportlastele soovituslik tarbida valku 1,5-1,7 g/kg päevas, mida on ligi kaks korda enam, kui tavainimesele soovitatud (Stellingwerff *et al.*, 2011). Võistlusfaasis, kus treeningmahud enam nii suured pole, kuid kasvanud on koormuste intensiivsus, vajavad lihased mikrotraumade parandamiseks ja lihasvalkude sünteesi intensiivistamiseks suuremaid valgukoguseid. Samas on välja toodud tõik, et valgu tarvitamine toidulisandina – juhul kui tavatoidust kättesaadav valguhulk on ebapiisav – on treeningefektiivsuse saavutamiseks väga olulisel määral sõltuv manustamise ajastamisest treeningu suhtes, manustatava valgu kogusest ning ka valgupulbri tüübist või aminohappelisest koostisest. Valgu piisavas koguses tarbimine treeningute käigus on igal ajal oluline, sest tarbitud valkude lõhustamisel tekkivad vabad aminohapped suudavad esile tuua intensiivsema lihasvalkude sünteesiprotsessi, mis tähendab pikemas perspektiivis tõusu lihasjõus, -võimsuses ja -massis (Stellingwerff *et al.*, 2011).

2.2. Treeningu- ja võistluskooormuste intensiivsus

Ilmunud on hulgaliselt teaduslikku materjali treeningperioodil manustatud valgulisandite positiivsest efektist valgusünteesi intensiivsuse kasvule sportlaste lihastes. Praeguseks võib väita, et treeningjärgne valgulisand aitab koormusperioodil jõutreeningu tulemusi parandada, kuid ka valguannuste määramine treeningperioodi kestel on üsna relevantne. Sportlased igal alal sh harrastussportlased jagavad oma treeningplaani võistlusteks valmistudes koormusintensiivsusele mitmeks osaks. Enne võistlusi on sportlaste eesmärk ajastada oma sooritusvõime maksimaalne tase ning sellele eelneb enne võistlusi ajavahemik, kus treeningud on samuti võrreldes tavatreeningutega intensiivsemad. Küsimusi tekitab see, missugusel määral mõjutab intensiivne treeningperiood valkude ainevahetust lihastes ja kas valguliste toiduainete või valgupõhiste toidulisandite annuseid peab tõstma või jätma samale tasemele erinevate intensiivsusega treeningperioodide vältel. Eesmärk on säilitada lihases anaboolsete protsesside ülekaal.

Olgu mainitud, et intensiivne keheline koormus nõuab ka rohkem energiat lihastöö arvelt, sellest tulenevalt on aktiveeritud suurem hulk lihaste motoorseid üksusi sama aja vältel tavatreeninguga võrreldes. Lihastöö suurenemine treeningu käigus aga tekitab ka suurema hulga lihasesiseseid mikrokahjustusi fibrillaarsetes lihasvalkudes ning see omakorda nõuab suuremat hulka toitainetana manustatavat valku treeningu järgselt. Järelikult mõjutab koormuste suur intensiivsus toitumisvajadusi just valkude osas, kuna kõrge intensiivsusega treeningutega kaasnevad suuremad lihaskoe kahjustused nii koe-, kui ka rakutasandil, mille kõrvaldamine taastumisperioodil suurendab valguvajadust. Seega on sportlastel intensiivse

treeningperioodi kestel vajalik manustada suuremat kogust valgulisandeid võrreldes oma tavatreeninguga, et hoida lihasvalkude lagundamist madalamal tasemel ja intensiivistada sealjuures sünteesi (Phillips & Van Loon, 2011).

2.3. Treeningu suunitlus

Jõutreeninguga tegelevatele inimestele on hulgaliselt erinevaid teaduslikke tõendeid, et tarbides treeningperioodil valgulisandeid paranevad nende jõunäitajad ja lihas muutub enam võimekamaks. Yang *et al.* (2012) eesmärk määrata, kas lihasvalgu sünteesi intensiivsus pärast jõutreeningut sõltub tarbitava valgu annusest. Taustaks oli selle uuringu puhul aga fakt, et pärast söögikorda on täheldatud lihasvalkude sünteesi suurenemist ning, et vanus võib siinkohal mõjutada samade manustatud valgukoguste juures lihasvalgu sünteesifraktisooni. Katsealusteks olid mainitud uuringus 37 üldiselt tervet vanemat meest (71 ± 4 aastat), kes jagati randomiseeritult nelja gruppi ning kes said pärast unilateraalset jõutreeningut jalalihastele (põlveliigese sirutusliigutust sooritavad lihased – *m. quadriceps femoris*) vastavalt kas 0, 10, 20 või 40 g vadakuvalku lahustatud kujul treeningu järgselt. Seejärel koguti uuringus osalejatelt analüüsimiseks verd ja võeti lihasbiopsiad tööd teinud lihastest. Uuringu tulemused kajastasid ilmekalt vanemaealiste lihasesisese valgusünteesi intensiivistumise suurenemise 20 g ja 40 g manustamisel pärast jõutreeningut. Seejuures nimetatud koguste juures muutus lihasesisene ainevahetus selgelt anaboolseks ehk ülekaalus olid kasvu- ja reparatsiooniprotsessid. Lisaks on vajalik mainida, et 40 g vadakuvalgu manustamisel oli lihasvalgu sünteesifraktisoon suurem kui 20 g valgu tarbimisel. Lõppjärelendus antud uurimusest on, et jõutreening kombineerituna piisava doosi valgulisandiga (40 g intensiivsemalt kui 20 g) tõstab jõunäitajaid ja viib vanematel patsientidel lihasesisese valgusünteesi kõrgemale tasemele vältides nii sarkopeenia tõttu tekkivat lihasmassi kadu (Yang *et al.*, 2012). Võrreldes andmeid teiste uurimustega, kus katsealused on noored mehed, saab järeldada veel, et vanemaealistel on lävi lihasesiseste anaboolsete protsesside alustamiseks kõrgem, mistõttu 40 g vadakuvalku mõjub nende organismis kõige efektiivsemalt ning, et noored mehed said sarnaseid tulemusi lihasvalgu sünteesi determineerimisel juba 20 g juures (Moore *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2012).

Vastupidavustreeningute ja valgulisandi tarbimise vahelist korrelatsiooni otsis D'Lugos *et al.* (2016) uurimusrühm. Eesmärk oli leida, missugune mõju on valgulisandite tarbimisel vastupidavussuunitlusega jalgrattatreeningu järgselt skeetilihastele, südame löögisagedusele ja lihastöö võimekusele. Uuringusse kaasati kümme kogemustega vabatahtlikku jalgratturit, kes läbisid katses treeningperioodi, mis koosnes kahenädalasest

normaalintensiivsusega treeningust, 10-päevasest intensiivsest jalgrattatreeningust ja 10-päevasest väiksema intensiivsusega jalgrattatreeningust (66% tavapärasest intensiivsusest). Treeningute ajal olid katses osalejad jaotatud kahte gruppi, millest esimene sai pärast treeningut vaid süsivesikuid (~85 g glükoosilahus + mineraalid) ning teine süsivesikuid ja valku (~85 g glükoosilahus + mineraalid + ~28 g vadakuvalku). Rattatreeningu käigus tarbisid mõlemad grupid veel sarnaste suhetega jookke. Pärast esimest katseperioodi läbisid katses osalejad ka teise katseperioodi, kus neile anti alternatiivset joogisegu võrreldes esimese katseperioodiga. Töövõimekuse ja aja peale tulemussõidu hindamiseks tehti võrdlemiseks vajalikud hindamised uuringu alguses enne treeningperioode ning pärast igat erineva intensiivsusega läbitud treeningperioodi. Tulemused näitasid, et pärast 10-päevast intensiivset treeningperioodi ja ka tavakoormusest väiksema intensiivsusega treeningperioodi olid vadakuvalguga segu tarbinud ratturitel suuremad muutused skeletilihaste morfoloogias ja funktsionaalsuses – neil oli suurem lihasekiudude ristlõike pindala ning ka suurem kontraktsioonijõud võrreldes katse alguse ja teise grupiga. Keskmise südame löögisagedus oli väikse intensiivsusega treeningperioodi jooksul madalam samuti vadakuvalku saanud grupil. Märkimisväärseid muutusi aga ei täheldatud kahe erineva grupi vahel rattatreeningu tööjõudluses ja aja peale tulemussõidus. Seega saab järeldada, kas valgu lisamanustamine vastupidavustreeningu efektiivsemaks muutmisel on väga väikse mõjuga, olgugi, et lihasmass ja südametöö jõudlus kasvab või on põhjapanevamate järelduste jaoks pikemaajalisi uuringuid vaja (D'Lugos *et al.*, 2016).

2.4. Spordialade spetsiifilisusest lähtuvad erinevused

Eelnevas peatükis oli arutlusel, et jõutreeningute käigus on jõunäitajate parandamiseks ümberlükkamatuid tõendeid valgulisandite tarbimise vajaduse kohta (Ying *et al.*, 2012; Moore *et al.*, 2009). Samal ajal aga jätkub debatt selle üle, kui palju täpsemalt ja kuivõrd vajalik on vastupidavusaladega tegelevatele sportlastele valgulisandite tarbimine selleks, et nende sooritus paraneks (D'Lugos *et al.*, 2016). Kuna mitmel erineval spordialal esinevad võistlustel erinevad võistluskategooriad, siis oleneb eelkõige valgupõhiste toidulisandite tarbimise kogus sportlase võistluskategooriasse kuulumisest.

Jõutreeninguga tegelevate sportlaste eesmärgiks on suurendada lihasmassi, parandada lihasjõudlust või suurendada lihasvõimsust ehk lihaskontraktsiooni plahvatuslikkust. Et oma eesmärgi võimalikult lühikese ajaga saavutada, on jõutreeninguga tegelevate sportlaste seas levinud erinevate toidulisandite kasutamine laiemalt, kui seda on vastupidavussportlaste või harrastussportlaste seas. Valgupulbrid, asendamatute aminohapete segud, kofeiin ja kreatiin-

monohüdraat on laialdaselt kasutusel just jõu- ja kiirusaladega tegelevate sportlaste seas nagu raskejõustiklased (klassikaline ja jõutõstmine), kulturistid, kergejõustiklased (sprinterid ja heite-, viskealad) ning sagedased jõusaalitreeninguga tegelejad (Slater & Phillips, 2011). Nimetatud ainetest mõjuvad lihasvalkude sünteesi intensiivistavalt küll vaid valgupulber ja aminohapped, kuid kofeiin ning kreatiin-monohüdraat on vajalikud ained arendamaks lihasvõimsust – võimalikult lühikese ajaga võimalikult suure jõu rakendamine. Mitmel jõualal on eraldi võistluskategooriad – klassikalises tõstmises ja jõutõstmises võisteldakse erinevates kaalukatergooriates, kulturismis arvestatakse lisaks kaalule ka võistleja pikkust. Järelikult esineb võistlusteks valmistudes neil sportlastel suuremal või väiksemal määral regulaarselt kaalulangetamise perioode, kus sportlased teadlikult limiteerivad oma toidu- ja joogikoguseid riskeerides nii hüpoglükeemia, glükogeenivarude ammendumise ja dehüdratsiooniga (Slater & Phillips, 2011).

Kaalulangetamise perioodil on oht ka kataboolsete protsesside intensiivistumisele lihastes vähenenud süsivesikute ja valkude manustamise tõttu, mis võib resulteeruda jõunäitajate langusena. Mettler *et al.* (2010) uurimuses püüti leida vastust, kas vähenenud kaloraažiga toitumise puhul ehk nõ kaalulangetamise perioodil võistluste jaoks võib suurenenud valkude osakaal toidus tagada väiksema kao rasvavabast kehamassist. Uuringus osales 20 noort tervet meest, kes pärast nädalast, nende kehakaalust lähtuvat normkoguselist dieeti (15% sellest moodustasid valgud) pandi kahe nädalasele redutseeritud kaloraažiga dieedile, mis kattis ainult 60% nende tavapärasest energiavajadusest. Seejuures esimene grupp sai endiselt sellest hüpoteetilisest toidust 15% valku, kuid teisel grupil tõsteti valguline osakaal toitumises 35% peale. Uuringu tulemusena toodi välja, et nii üldise, kui ka rasvavaba kehakaalu kaotus kõrgema valguprotsentiga toitumisgrupil võrreldes madalama oli märkimisväärselt väiksem – vastavalt -1,5 kg vs -3 kg ning -0,3 kg vs -1,6 kg. Seega saab väita, et lühiajalise kaalulangetamise perioodil tarbitaval madala kalorsusega toidus olev kõrgem valguline osakaal aitab paremini säilitada nii rasvavaba kehamassi, mis tähendab et funktsionaalse lihaskoe kaotus on väiksem (Mettler *et al.*, 2010). Samas leidis uurimisgrupp, et jõunäitajate tulemuslikkuses ja rasvavaba koe kaotamise massi puhul kahe grupi vahel olulisi erinevusi ei ilmnunud. Kaalulangetamise perioodi planeerivad sportlased peaksid arvestama sellega, kui neil on vaja enam kaalu langetada, et oma kaalukatergooriasse mahtuda, siis tasuks valkude osakaal oma toidus hoida madalam ning valgulisandeid tarbida ei ole otstarbekas. Uuringuandmed kinnitavad, et sportlikes tulemuslikkuses selles osas muutusi ei täheldata (Mettler *et al.*, 2010).

3. AKUUTSE TREENINGKOORMUSE MÕJU LIHASVALKUDE AINEVAHETUSELE

Akuutse treeningkoormuse mõju lihasvalkude ainevahetusele on teema, mille teadmised on olulised, kuna üksikute treeningute summaarne mõju avaldub pikema aja vältel regulaarse ja süstemaatilise treeningu tulemuslikkusena. See on aga seletatav molekulaartasandil valkude ainevahetusega. Organismis toimub pidevalt valkude uuendamine ja lagundamine, valgusünteesi ja lagundamise suhet nimetatakse valgubilansiks ning valgubilansi tasakaalu saab määratleda kolmel viisil. Esiteks, negatiivse valgubilansi puhul on valkude sünteesi intensiivsus madalam kui lagundamise intensiivsus, teise variandina on positiivse tasakaalu korral valkude sünteesi intensiivsus kõrgem lagundamise intensiivsusest. Kolmanda variandina on valgubilanss tasakaalus ja valkude sünteesi ja lagundamise intensiivsus on võrdsed. Lihaste jõu suurenemine jõutreeningu tulemusena põhineb lihaste hüpertroofial, mis omakorda põhineb lihase valguliste struktuuride kasvul. Lihastruktuuride kasv on võimalik üksnes lihasvalkude positiivse bilansi korral. Valgubilansi mõistmise puhul on tähtis teada, milliseid muutusi kutsub akuutne jõutreening esile lihasvalkude sünteesi ja lagundamise osas.

Wolfe (2006) analüüsib eksperimentaalseid uurimusi, kus lihasvalkude ainevahetust on uuritud radioaktiivselt märgistatud aminohapete meetodil. Radioaktiivsed aminohapete isotoobid ilmnevad uuringute käigus lihasvalkudes näidates nii lihasvalkude sünteesi lülitumist ning vabanevad sealt taas verre demonstreerides lihasvalkude lagunemise protsessi. Olulisimad järeldused antud uuringust on:

- akuutne jõutreening stimuleerib lihasvalkude sünteesi, kusjuures stimuleeriv efekt on püsiv kuni 48 h pärast treeningut. Samaaegselt intensiivistub siiski ka lihasvalkude lagundamine, mistõttu lihase valgubilanss jääb ikkagi negatiivseks (Wolfe, 2006). Tasub lisada, et valkude lagundamisprotsessid on intensiivsemad siis, kui inimese organism jääb treeningjärgses puhkerezžiimis toiduta – mida kauem paastuperiood kestab, seda suurem on valgubilansi langus negatiivsele. Paastuperioodis sooritatud treening küll parandab märgatavalt lihasvalgu sünteesifraktsiooni, kuid treeningjärgse söömiseta jäävad kataboolsed protsessid endiselt ülekaalu (Wolfe, 2006).
- aminohapete kontsentratsiooni veres tõstab valgu- või aminohapperikka toidulisandi manustamine ning see tingib lihasvalkude sünteesi stimulatsiooni. Kui valke või aminohappeid manustada aga pärast akuutset jõutreeningut, siis nende positiivne mõju

skeletilihase valgubilansile on oluliselt tugevam, kui aminohapete manustamisel ilma eelneva treeninguta (Wolfe, 2006).

- lihasvalkude sünteesile ja positiivsele lihase valgubilansile on stimuleeriv mõju asendamatutel aminohapetel. Asendatavad aminohapped selles suhtes tähtsust ei oma (Wolfe, 2006).
- lihasvalkude sünteesi stimuleeriv mõju on ka süsivesikute manustamisel pärast treeningut, kuid see on oluliselt nõrgem kui asendamatute aminohapete toime. Süsivesikute ja aminohapete koosluse tarbimine treeningjärgselt ei oma tugevamat positiivset mõju lihasvalkude sünteesile võrreldes ainult aminohapete manustamisega (Wolfe, 2006).
- pikaajalise süstemaatilise jõutreeningu kogemusega inimesed võivad lihasvalkude sünteesi stimuleerimiseks pärast akuutset treeningut vajada suuremaid koguseid valke või aminohappeid kogust võrreldes treenimata või lühikese treeningstaažiga inimestega (Wolfe, 2006).

Hoidmaks lihasvalkude sünteesi ja lõhustumise vahelist bilanssi positiivsel tasemel on tarvis sportlasel tarbida pärast treeningut toitaineid, mis suudavad selle tagada. Hea valguallika defineerib tema võimekus tõsta treeningjärgne füsioloogiline valgusüntees valgurikka toiduaine abiga maksimaalsele intensiivsustasemele ja sellega viia valgubilanss positiivseks. Churchward-Venne *et al.* (2012) uurimus leiab, et kui tarbida vastupanuga kehalise koormuse järgselt piisav kogus valgurikast toitu piisava hulga asendamatute aminohapete sisaldusega, siis suudetakse sellega inhibeerida lihasvalkude lõhustamist ja viia lihasvalkude süntees maksimaalselt intensiivsemale tasemele. Koostöös kehalise koormuse indutseeritud lihasvalgu sünteesi intensiivistumise ja valkude tarbimisega suudetakse lihastes valgubilanss viia positiivseks. Seega on sellise koostöö tulemused pikaajaliste treeningute järgselt kasumlikud nii vanemaealistele funktsionaalsuse säilitamisel, kui ka sportlastele jõunäitajate parandamisel ja paremate sportlike tulemuste saavutamise (Churchward-Venne *et al.*, 2012). Täpsemad ülevaated valgukoguste, -kvaliteedi ja -tarbimise ajastamise kohta treeningu suhtes tulevad arutusele järgnevides peatükkides.

Kokkuvõtvalt saab väita, et lihaste metabolismis tekib selge pikaajaline – kuni kaks ööpäeva – anaboolsete protsesside intensiivistumine akuutse lihasjõu arendamisele suunatud treeningukoormuse järgselt. Juhul, kui sportlane ei saa pärast treeningut pikemat aega lihastele vajalikke toitaineid (valgud, aminohapped, süsivesikud), muutub lihasvalkude

sünteesi-lõhustumise vaheline suhe viimaste kasuks ja valgubilanss on negatiivne. Lihasvalkude anaboolne vastus jõutreeningu järgselt sõltub seega vabade aminohapete olemasolust organismis ja sellest, kui kiiresti need sinna saadakse. Järelikult saab jõutreeningu poolt antud stiimulit lihasvalkude sünteesi intensiivistamiseks võimendada valgupõhiste toidulisandite, asendamatute aminohapete või valgurikaste toiduainete tarbimisega.

4. VALGUTARBIMISE MÕJU JÕUTREENINGU EFEKTIIVSUSELE

Jõutreeningu mõjul suureneb lihases tehtav töö, lihased saavad suurema koormuse ja kulutavad seetõttu rohkem energiat. Koormuse mõjul aga tekivad lihastes mikrotraumad suurenenud mehhaanilise töö tõttu ning lihaste valguliste struktuuride terviklikkus ja funktsioon saavad olenevalt treeningu intensiivsusest, mahust ja spetsiifilisusest kahjustatud. Seda tõestati esmakordselt juba 1983. aastal Newhami uurimisgrupi poolt poolt, kui võrreldi testigrupi lihasbiopsiaid enne ja pärast treeningut ning leiti tõend hüpoteesile, mis väitis, et lihaste fibrillaarne struktuur saab pärast treeningut häiritud. Väljapaistvaimad struktuursed destruktsioonid lihaskiulisuses leiti ekstsentrilist lihastööd teinud lihastes (Newham *et al.*, 1983).

Mikrotraumade ulatus sõltub treeningu mahust, intensiivsusest ja treeningtüübist või -iseloost. Mikrotraumade parandamisel kaasatakse immuunsüsteem ja erinevad ensüümid, mis valkude ja selles sisalduvate aminohapete kaasamisel aitavad paremini lihasvalkude struktuuri taastada ja ka lihasvalkude hulka suurendada lihasrakus. Lihaskiulise efektiivsus väljendub lihase paremas jõudluses ja regulaarsel treeningul see ka suureneb, kuid lihase suurust, võimsust ja jõudu saab kiirendada varustades organismi ehitusmaterjaliga ehk valkudega (Churchward-Venne *et al.*, 2012).

4.1. Valku kogus

Valkude vajalikke päevaseid koguseid keskmise inimese kohta on käsitletud juba esimeses peatükis, kuid siinses peatükis on keskendutud sportlaste jaoks olulistele päevastele valgukogustele. Artikleid, milles argumenteeritakse uuemate arusaamade järgi optimaalsete treeningul kasutatavate valgukoguste üle ning millel oleks positiivne efekt lihastöö paranemisele, analüüsitakse praeguses peatükis.

Arvestades, et valkude manustamisel on selge struktuurmolekulaarne anaboolne efekt ja lisades, et täisväärtusliku valguallika manustamisel asendamatute aminohapetega kasvab lihasvalgu süntees treeningu järgselt (Tang *et al.*, 2007), siis saavutamaks jõutreeninguga tegelevale sportlasele seatud eesmärke on oluline tarvitada igapäevases toidusedelis valgurikkaid toiduaineid. Tang *et al.* (2007) ajendas tegema uurimust piimavalgu tarbimise ja lihasvalgu sünteesi vahelise korrelatsiooni leidmiseks fakt, et varasemaid teaduslikke tõendeid ei olnud piisavalt palju. Nende uurimuse eesmärgiks oli hinnata anaboolse mõju olemasolu skeleti- ehk vöötlihaskoes, kui katsealused saavad pärast treeningut suukaudselt valgupõhiseid toidulisandeid. Katsealusteks leiti reklaami teel kaheksa tervet ja varasemalt vähemalt aasta

aega jõutreeninguga tegelenud meest, kellel ei tohtinud olla mingisuguseid kroonilisi või akuutseid tervisehäireid. Uuringualused ei tohtinud uuringule eelneval kaheksal kuul mingisuguseid toidulisandeid sh valgupõhiseid toidulisandeid tarvitada. Testgrupp läbis kaks katsetust, millest esimeses said katsealused pärast kehalist koormust 10 g piimavalku ja 21 g süsivesikuid fruktoosi kujul ja teises ainult süsivesikuid (21 g fruktoosi ja 10 g glükoosi). Katsealuseid oldi topelt-pime meetodiga hoitud teadmatuses, kumba kahest joogisegust neile manustati. Iga katsealune sai kahes katseperioodis kumbagi varianti toitainesegudest, kuid kahe eksperimendi vahel oli kahepäevane intervall. Enne eksperimendis kasutatavat kehalist koormust ei tohtinud katsealused neli päeva jalgu jõusaalitreeninguga koormata ja üks päev enne eksperimenti üldse mitte treeningus osaleda. Eksperimendis kasutati kehaliseks koormuseks vaid ühe jala eesmise reielihase koormamist jalapressil ja reiepingil, koormuseks kolmandik ühest kordusmaksimumist, mis oli juba varasemalt määratud. Unilateraalselt sooritati neli seeriat 8-10 kordusega. Selle järgselt said katsealused ühte kummaski joogisegust. Pärast jookide tarvitamist võeti uuringus osalejatelt kolme tunni jooksul iga poole tunni järel analüüsimiseks veeniverd, mida võrreldi enne koormusi võetud verega. Biopsiaproovid võeti eesmisest reielihasest (*m. quadriceps femoris*) enne ja pärast katseid. Mainida tasub, et lihasbiopsiad võeti mõlemast jalast – nii koormuse läbi teinud jalast, kui ka puhanud jala reielihasest. Tulemused näitasid treeningjärgset lihasvalgu sünteesi suurenemist katsetes, kus katsealused said valgulisandiga rikastatud jooki. Seejuures tõusis valguga rikastatud joogi manustamise järgselt lihasvalkude sünteesifraktsioon harjutust teinud jalgas võrreldes puhanud jalaga umbes kaks korda ja süsivesikutega rikastatud joogiga võrreldes 1,5 korda. Ainult süsivesikutega rikastatud joogi manustamise järgselt tõusis märgatavalt rohkem vaid veresuhkur, muus osas muutusi süsivesikutega rikastatud jook uuringus välja ei toonud. Veel selgub, et 10 g valku võiks olla minimaalne kogus regulaarse koormuse puhul, pärast mida suudaks lihas näidata positiivset tendentsi valgusünteesis (Tang *et al.*, 2007).

Optimaalset valgukogust treeningjärgsel manustamisel püüdsid välja selgitada Moore *et al.* (2009), kui oma uurimuses mõõtsid nad munavalgu mõjusid uuringus osalejate lihasvalkude sünteesi suurendamises. Tõendatud on lisavalguallikate tarbimise vajadus, et suurendada jõutreeningu efektiivsust (Tang *et al.*, 2007), kuid selgitus koguste kohta vajab kinnitust. Seetõttu oli Moore'i uurimisgrupi eesmärgiks hinnata erinevate valgudooside mõju lihasvalkude sünteesi aktiivsusele ja leida optimaalseim kogus, mille puhul oleks see näitaja maksimaalne. Uuringusse kaasati kuus tervet noort meest, kes külastasid uuringukeskust viiel erineval korral iga nädala järel ning iga kord manustati neile pärast jalalihaste akuutset

jõutreeningut erinev kogus munavalku. Munavalku anti katsealustele juhuslikus järjekorras topelt-pimedate meetodi põhjal ning kogused olid kas 0, 5, 10, 20 või 40 g munavalku, mida tarvitati veega. Munavalku kasutati, kuna tegemist on täisväärtusliku valguallikaga ja sisaldab kõiki asendamatuid aminohappeid. Nagu ka eelmises kirjeldatud uuringus, pidid katsealused uuringule eelnevad 3 päeva hoiduma intensiivsest treeningust jalgadele. Katse käigus tegid nad bilateraalselt neljas seerias 8-10 kordust jalapressil, sooritasid vastupanuga põlveliigese ekstensiooni ja fleksiooni. Koheselt pärast koormust tarbisid katsealused neile antud valgudoosi, neilt võeti biopsiaproovid ühe jala reie-nelipealihasest (*m. quadriceps femoris*) lateraalsest osast (*vastus lateralis*) ja vereproovid võeti analüüsimiseks iga poole kuni ühe tunni järel nelja tunni jooksul. Tulemused kajastasid lihasvalgu sünteesi kõige suuremat aktiivsust 20 g munavalgu manustamise järel. Nii lihaste valgusünteesi, kui ka albumiini valgusüntees muutus seda lineaarselt intensiivsemaks, mida suuremaks muutus manustatava valgu doos kuni 20 g. Alates 20 g saavutati sünteesifraktsioonis platoo ning lihasvalkude süntees oluliselt enam ei muutunud, seega on antud uuringu kohaselt kõige optimaalsem valgukogus treeningujärgselt jõutreeningu efektiivsuse tõstmiseks 20-25 g sõltuvalt indiviidi lihasmassi suurusest, milles omakorda asendamatute aminohapete sisaldus on 8-10 g (Moore *et al.*, 2009).

Uuringud on näidanud, et kõige rohkem stimuleerib lihasvalgusünteesi 20-25 g valgu ühekordse annusena pärast kehalist koormust (Moore *et al.*, 2009; West *et al.*, 2011). Siiski on tegemist olnud uuringutega, kus on hinnatud valgusünteesi vaid ühes lihases ning seda pärast kehalist koormust, mis sooritati samuti vaid ühele (samale) lihasele või lihasgrupile. Macnaughton *et al.* (2016) uurisid valgukoguse mõju lihastele, mis hõlmasid suurema osa organismi lihaskonnast kui vaid näiteks reie eesmised lihased. Eesmärgiks oli mõõta valgusünteesi lihastes pärast kogu kehale antud kehalist koormust kahel grupil katsealustel: madalama kehamassiga meestel (≤ 65 kg) ja kõrgema kehamassiga meestel (≥ 70 kg) pärast kahte erineva doosiga valgukokteili joomist (20 g või 40 g). Katsealusteks valiti 56 kandideerinust 30 tervet ja varasemalt jõutreeninguga tegelenud meest. Iga uuringus osaleja sooritas kaks jõutreeningu sessiooni, mis hõlmas lihaseid peaaegu igast topograafilisest kehapiirkonnast. Pärast iga treeningut said nad juhuslikus korras topelt-pime meetodil kas 20 g või 40 g proteiinisaldusega joogi. Harjutused stimuleerisid lihastööd rinnalihases (*m. pectoralis major*), selja-lailihases (*m. latissimus dorsi*), tagumistes reielihastes (*m. semimembranosus*, *m. semitendinosus*, *m. biceps femoris*), reie-nelipealihas (*m. quadriceps femoris*) ja suures tuharalihases (*m. gluteus maximus*). Pärast treeningut koguti analüüsideks

verd viie tunni jooksul ning võeti lihasbiopsiad kolme ja viie tunni möödudes. Tulemusena võib välja tuua, et 40 g valku suudab manustatuna pärast kogu keha treeningut lihastes valgusünteesi suurendada madalama kehamassiga katsealustel 23% ja kõrgema kehamassiga katsealustel 16% võrreldes 20 g koguse manustamisel (Macnaughton *et al.*, 2016), seega kehamassi erinevused olulisel määral lihasvalgu sünteesinäitu ei mõjuta.

Vanus seevastu aga mõjutab lihasvalkude sünteesi piisaval määral, et teha järeldusi valgukoguste tarbimise kohta noormatel ja vanematel inimestel. Yang *et al.* (2012) uurimusest selgub, et jõutreening kombineerituna 40 g vadakuvalguga tõstab märgatavalt intensiivsemalt lihastes valgusünteesi kui 20 g ja vähendab vanematel patsientidel pikema aja jooksul sarkopeenia tõttu tekkivat lihasmassi kadu. Võrreldes andmeid teiste uurimustega, kus katsealused olid noored mehed, saab järeldada, et vanemaealistel on lävi lihaste anaboolsete protsesside alustamiseks kõrgem, mistõttu 40 g vadakuvalku treeningujärgselt mõjub nende lihaste valgusünteesile kõige intensiivsemalt. Nooremad mehed said samasuguseid tulemusi lihasvalkude sünteesis 20 g juures (Moore *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2012).

Eelnevaid uuringuid arvesse võttes saab väita, et jõutreeningu järgne valgurikaste toiduainete tarbimine on lihasvalkude tasandil nende sünteesi selgelt soodustav ning ka lõhustamist pärssiv (Phillips & Van Loon, 2011). Valgusünteesi protsesside järel suurenenud lihasvalkude arv aga väljendub makrotasandil lihase ristlõikepindala suurenemisega ning jõufunktsioonide suurenemisega. Optimaalne valgukogus jõutreeningu järgselt jääb 20-25 grammini. Samas, kui treeningul koormatakse rohkemaid lihasgruppe ja treeningut saab määratleda kui ülekeha treeningut, siis kasvatades tarbitava valgu kogust kuni 40 g, saavutatakse ka lihasvalgu sünteesis suuremad näitajad võrreldes 20 g kogustega ning seda olenemata kehamassist.

4.2. Valgu kvaliteet

Mõistmaks valkude kui toitaine ja valgurikaste toiduainete mõju paremini treeningu järgselt, tuleks enne selgitada põgusalt valgu olemust ja erinevaid valguallikaid inimese toiduainete hulgast. Valgud on organismi makromolekulaarsed ühendid, mis koosnevad aminohapetest, mis on omavahel ühendatud peptiidsidemetega (Zilmer *et al.*, 2010). Erinevaid aminohappeid, mis inimkehas valke moodustavad on umbes 60, millest proteinogeenide ehk valke moodustavaid põhiainohappeid on 20: glütsiin, fenüülalaniin,alaniin, valiin, leutsiin, isoleutsiin, proliin, trüptofaan, türosiin, seriin, tsüsteiin, metioniin, treoniin, asparagiin, glutamiin, aspartaat, glutamaat, lüsiin, arginiin, histidiin (Zilmer *et al.*, 2010). Inimkeha põhilisi aminohappeid saab ehituse, polaarsuse ja erinevate keemiliste ainete

sisalduse tõttu klassifitseerida erinevateks gruppideks, kuid kõige levinum viis inimkeha põhiaminohappeid klassifitseerida on jagada need inimkehas sünteesitavateks aminohapeteks ja asendamatuteks ehk essentsiaalseteks aminohapeteks. Asendamatuid aminohappeid on üheksa; fenüülalaniin (Phe), histidiin (His), isoleutsiin (Ile), leutsiin (Leu), lüsiin (Lys), metioniin (Met), treoniin (Thr), trüptofaan (Trp) ja valiin (Val). Inimorganismil oluline omastada asendamatuid aminohappeid toiduga, kuna keha neid ise ei sünteesi (Zilmer *et al.*, 2010). Histidiini võib välja tuua erandina, sest kuigi inimese organism histidiini ei sünteesi, siis normaalse toitumisega täiskasvanud inimese seedesüsteemi omandatud mikrofloora (bakteriaalsed mikroorganismid nagu *Corynebacterium glutamicum*, *Brevibacterium flavum*, *Serratia marcescens*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*) suudab siiski varustada organismi piisava koguse histidiiniga, produtseerides seda glükoosist (Doroshenko *et al.*, 2013).

Toidust saadavaid asendamatuid aminohappeid sisaldavad kõrge bioväärtusega toidud st inimkehale vajalikes kogustes ja vahetult asendamatuid aminohappeid sisaldavad toidud on peamiselt loomsete valkudega toiduained nagu muna, piim, juust ja liha. Asendamatutes aminohapetest kolm – leutsiin, isoleutsiin ja valiin – klassifitseeritakse veel ka kui hargnenud ahelaga aminohapped (HAAH; BCAA – *branched chain amino acids*). Põhjus, miks nendele kolmele aminohappele eraldi rõhku pannakse on nende laiatoimelisus organismis, mis tuleb otsestelt nende struktuuri omapäradest – neil on nimelt vähemalt üks süsinikaatom lineaarsest süsinikahelast väljaspool, mis lubab sellega seostuda erinevate struktuuri ja ülesannetega molekulgruppidega ja annab HAAH-ile palju erinevaid funktsioone nagu näiteks valgusünteesi stimulatsioon, glükoosi metabolism, neurotransmitterite süntees jm (Sowers, 2009). Erinevad uuringud aga on näidanud just leutsiini kontsentratsiooni tähtsust pärast jõutreeningut manustatavas toidulisandis olulise lihasvalkude sünteesi aktiveerijana (Churchward-Venne *et al.*, 2014).

Üks neist uuringutest on läbi viidud Churchward-Venne *et al.* (2014) poolt, kes olid teadlikud leutsiini rollist lihasvalkude sünteesi puhul ning kelle eesmärgiks oli seda täpsustada. Uuringu jaoks valiti välja 40 tervet noort meest vanuses 18-35, kes jagati juhuslikus korras topelt-pime meetodil viite kehakaalult sarnasesse gruppi. Pärast kehalist koormust, milleks oli unilateraalselt põlveliigese ekstensorite (*m. quadriceps femoris*) koormamine, sai iga grupp valguliselt koostiselt erinevaid jooke. Grupiti erinevad joogid sisaldasid:

- 25 g vadakuvalku, milles sisaldus 3 g leutsiini.

- 6,25 g vadakuvalku, milles sisaldus 0,75 g leutsiini ehk kontsentratsioonilt sarnane eelmise grupiga, kuid kogus oli neli korda väiksem.
- 6,25 g vadakuvalku, milles leutsiinisisaldus oli 3 g.
- 6,25 g vadakuvalku, milles leutsiinisisaldus oli 5 g.
- 6,25 g vadakuvalku + 6 g HAAH (kokku 5 g Leu; 1,4 g Ile; 1,4 g Val).

Katsealused andsid pärast treeningut ja valgutarbimist vereanalüüse viie tunni jooksul ning samuti andsid osalejad mõlemalt jalalt kaks biopsiaproovi. Tulemuseks leidis uurimusgrupp, et lihasvalgu sünteesi stimulatsioonis on sarnased tulemused 25 g vadakuvalgu, 6,25 g vadakuvalgu + 6 g HAAH ja 6,25 g vadakuvalgu + 5 g Leu jookide manustamisjärgselt, kusjuures valgusünteesi näit ei erine nende kolme joogi manustamise järgselt kuni 4,5 tunni jooksul, kuigi kahes joogis on vadakuvalgu sisaldus neli korda väiksem kui esimeses. 6,25 g vadakuvalgu (0,75 g Leu) ja 6,25 g vadakuvalgu (3 g Leu) näitajad lihasesiseses valkudesünteesis olid esimese 1,5 h jooksul sarnased, kuid langesid seejärel märkimisväärselt madalamale tasemele (Churchward-Venne *et al.*, 2014). Seega võib järeldada, et madala (vadaku)valgusisalduse (6,25 g), kuid kõrge leutsiinisisaldusega (5 g) lisavalguallikas pärast raskustreeningut on lihase valgusünteesi stimuleerides samasuguse efektiga, kui kõrge vadakuvalgu sisaldusega (25 g) lisand, milles on 3 g leutsiini. Siit saame omakorda jõuda järeldusele, et Leu ja teised HAAH on lihasvalkude sünteesi stimuleerimises võtmekomponendid (Churchward-Venne *et al.*, 2014). Leutsiini on kõige rohkem munavalgus (7,17 g/100 g), pisut vähem sisaldub seda sojavalgus (4,6 g/100 g), vadakuvalgus (~4 g/100 g) ja piimavalgus (3,5 g/100 g) (USDA, 2017).

Erinevate valguallikate kvaliteeti uurinud Tang *et al.* (2009) koostasid uurimuse, milles võrdlesid soja-, kaseiini- ja vadakuvalku eesmärgiga leida nende tarbimise järel erinevusi lihasvalgu sünteesinäitajate suhtes. Kokku osales selles uuringus 18 noormeest, kes, jagatuna kolme rühma, said pärast unilateraalset jalatreeningut võrdse koguse valku sisaldavat jooki, kuid esimene grupp sai vadakuvalku sisaldavat jooki, teine grupp sojavalgu ja kolmas piimavalgu sisaldavat jooki manustamiseks. Katseperioodil said kõik katses osalenud noormehed kõiki kolme valguallikat st kõik osalejad läbisid kolm koormussessiooni kolme erineva valguallika manustamisega. Tulemused näitasid, et suurim lihasesisese valgusünteesi näit saavutati vadakuvalguga, mille näitajad olid tööd teinud lihastes paremad sojavalgust 31% ning kaseiinivalgust lausa 122% (Tang *et al.*, 2009). Samas järjestuses oli lihasesisese valgusünteesi intensiivsuse näit ka koormusevaba jala reielihastes.

4.3. Valgutarbimise ajastus treeningu suhtes

Küsimus, millal on kõige kasulikum manustada valgurikkaid toiduaineid või valgupõhiseid toidulisandeid, et tõsta lihasvalkude sünteesi on sportlase jaoks oluline, kuna sellest lähtuvalt saab ta paremini oma treeningud arendada. Teadmine, kas tarbida valke enne või pärast treeningut ja missugused ajalised intervallid treeningu ja valgu manustamise vahel oleksid kõige kasulikumad anaboolsete biokeemiliste reaktsioonide tõstmiseks võivad anda sportlastele eelise konkurentide ees jõutreeningu efektiivsuse saavutamisel.

Üldiselt on levinud arusaam, et tõstmaks jõutreeningu efektiivsust peaks valke või asendamatuid aminohappeid manustama koheselt pärast treeningut (Aragon & Schoenfeld, 2013). Witard *et al.* (2014) soovisid leida aga tõenduspõhisust lisaaminohapete tarbimise efektiivsusele koheselt pärast treeningut. Nende uuringul oli ka teine eesmärk – leida korrelatsioone lihasesisese valgusünteesi näitades, kui pärast koormust tarbitakse aminohappeid koos süsivesikutega. Katseobjektideks valiti kaheksa noort vabatahtlikku (viis meest ja kolm naist), kes olid kehaliselt aktiivsed, terved, kuid ei osalenud regulaarselt jõutreeningutes. Iga uuringus osaleja tegi läbi kaks katseperioodi, millest kummaski said katsealused pärast kehalist koormust (bilateraalne põlveliigese ektensioon) kaks spetsiaalse koostisega jooki. Katse oli viidud läbi randomiseeritud ja ühepoolsest pimedast meetodist. Ühes katses said katsealused separeeritud aminohappeid ja süsivesikuid: esimeses joogis pärast treeningut manustasid nad 50 g süsivesikuid (glükoos) ja teises joogis tund hiljem said nad 15 g asendamatuid aminohappeid. Teises katses said osalejad esimesena kombineeritud joogi (15 g asendamatuid aminohappeid, milles prevaleerisid enim leutsiin, lüsiin ja fenüülalaniin + 50 g süsivesikuid) ja tund hiljem teise joogi, mis oli kunstliku magusainega platseebojook. Vereanalüüsides ja biopsiatest selgus tulemusena, et kuigi pärast treeningut koheselt saadud aminohappedoos (kombineeritud testis) suutis tõsta lihasvalkude sünteesi, siis pikema aja vältel oli lihasvalkude süntees siiski sama määraga võrreldes separeeritud testiga, kus aminohappeid manustati tund aega hiljem. Seega lükati ümber väide, et valgulisandeid tuleks koheselt pärast kehalist koormust tarbida selleks, et lihasvalkude süntees oleks intensiivsem. Varasema valgulisandi tarbimisega tagatakse ka varasem lihasvalkude süntees, kuid uuringu tulemustes ei kajastunud erinevusi pikema ajaperioodi vältel. Samuti ei leitud erinevusi aminohapete ja süsivesikute koostarbimisel võrreldes nende separeeritud tarbimisega, seega pole ka süsivesikute ja aminohapete tarbimisel lihasvalkude sünteesi tõstmise seisukohalt mingisugust alust nende kahe substantsi eraldi tarbimisele (Witard *et al.*, 2014).

Uuritud on ka valkude või aminohapete tarbimise mõju lihasvalkude sünteesile, kui neid tarbitakse vahetult enne trenni või koguni treeningu ajal. Teoorias tekib enne treeningut või treeningu ajal tarbitud valkude või aminohapete tõttu aminoatsideemia – suurenenud aminohapete kontsentratsioon veres – ja see stimuleerib lihasvalkude sünteesi juba treeningu käigus. Samas on treeningu kestel suurenenud ka lihasvalkude strukturealne destruktsioon, mis tähendab, et suurenenud sünteesi stimulatsioon võiks treeningu ajal pidurdada treeningu käigus tekkivat lihasvalkude katabolismi (Witard *et al.*, 2016).

Tipton *et al* (2007) leidsid, et on vähe teaduslikku kirjandust, mis oleks uurinud lihasvalkude sünteesi muutuseid vastavalt sellele, kas valku manustatakse enne või pärast kehalist koormust. Uurimusgrupi eesmärgiks oli determineerida muutused lihasvalkude sünteesimäärades olenevalt sellest, millal manustati lisatoitainetena vadakuvalku jõutreeningu suhtes. Katsealusteks valiti 17 mõlemast soost tervet ja noort inimest, kes polnud varasema viie aasta jooksul tegelenud jõutreeningutega. Katses osalenud jagati juhuslikult kahte rühma, millest esimene grupp sai 20 g lahustatud vadakuvalgu annusega joogi enne treeningut ja teine grupp üks tund pärast treeningut. Treeninguks oli valitud uurimusrühma poolt suure vastupanuga põlveliigese ekstensioon, mis nõuab reie-nelipealihase lihastööd. Tulemusena ei toonud antud uurimus välja olulisi erinevusi ega põhjapanevaid järeldusi 20 g vadakuvalgu tarvitamisel treeningueelse ja -järgsel manustamisel. Vabade aminohapete kontsentratsioonitõusu veres oli märgata mõlemal grupil pärast valgusegu manustamist, kuid juba umbes kaks tundi pärast treeningut ei erinenud kummagi grupi lihasvalgu sünteesinäit marginaalselt teineteisest. Siinkohal saab järeldada, et tarbides valgusegu enne kehalist koormust ei oma see pikemas perspektiivis jõutreeningu tulemuslikkuses erilist efekti võrreldes valgusegu tarbimisega pärast treeningut (Tipton *et al.*, 2007).

Vastukaja tekitab Tipton *et al.* (2001) varasem uurimus, mille kohaselt leidis ta siiski erinevused treeningueelse ja -järgse suplementide tarvitamise vahel. Lisainetena oli tarvitatud nimetatud uuringus 6 g asendamatuid aminohappeid koos 35 g süsivesikutega. Tarvitades mainitud segujooke kajastus tulemustes selgelt enne kehalist koormust segujooki saanud katses osalejate intensiivsem lihasvalgu sünteesinäit võrreldes katsealustega, kes tarbisid sama koostisega jooki pärast treeningut (Tipton *et al.*, 2001). Erinevused kahe viimati refereeritud uuringute tulemuste vahel võivad tuleneda asjaolust, et varasemas, 2001. aastal läbi viidud uurimuses oli lisaks aminohapetele kasutatud ka süsivesikuid, mis biokeemilisi reaktsioone suunata võivad. Lisaks on 2001. aastal läbi viidud uuringus kasutatud suuremat kogust asendamatuid aminohappeid, kui 20 g vadakuvalgus seda on, mistõttu võib lihasvalgu

süntees olla paremini väljendunud segujooki enne treeningut manustades. Täpsustada tasub fakti, et uuringu läbiviijad pidasid kasulikumaks treeningueelset aminohappesegu tarvitamist, kuna vabad aminohapped suudavad kehalise töö ajal lihases toimuva kataboolsete protsesside ülekaalu muuta anaboolsete ülekaaluks ning hoida pärast treeningut veres aminohapete kontsentratsiooni ikka samaväärsel tasemel, kui see väljenduks treeningjärgsel aminohappesegu joomisel (Tipton *et al.*, 2001).

Veel üheks lisatoitainena valgu manustamise viisiks, mida on uuritud treeningefektiivsuse tõstmisel on päeva lõikes ajaliselt jaotatud valguallikate manustamine (*time-divided ingestion* – ing. k.). Burk *et al.* (2009) eesmärk oli tõestada või lükata ümber hüpotees, et pikaajalise jõutreeningute perioodi puhul on jõunäitajate paranemisele ajaliselt jaotatud valguallikate manustamine kasumlikum, kui seda oleks valguannuste tarbimine jõutreeningu eelselt. Katsealusteks võeti 13 tervet 18-19 aastast treenimata keskkooliõpilast, kes polnud varasemalt toidulisandeid treeningute efektiivsemaks muutmise eesmärgil kasutanud. Uuring kestis kahest kaheksanädalasest treeningperioodist, mille käigus katsealused järgisid uuringu läbiviijate poolt ette antud juhiseid lisatoitainete tarbimise suhtes. Treening katsealustele toimus neli korda nädalas ja sisaldas sõudeergomeetriga soojendust ning vastavalt päevale, kas rinna-, selja- ja õlavöötmelihaste või jala-, seljasirutaja- ja õlavarreluul asuvate lihaste harjutusi ehk sooritati kogu keha lihaskonda haaravat treeningut. Esimene grupp sai ajaliselt jaotatud valgulisandite manustamise meetodi järgi kaks valgudoosi päevas: hommikul (hommiku- ja lõunasöögi vahel) ja õhtul (5 h pärast treeningut). Teine grupp sai treeningust sõltuva meetodi järgi samuti kaks valgudoosi päevas: hommikul (hommiku- ja lõunasöögi vahel) ja 10 minutit enne trenni. Valgupõhiseid toidulisandeid võeti ka puhkepäevadel ning need koosnesid ~35 g kaseiinivalgust *per* annus ehk päevane piimavalgu kogus oli igal osalejal ~70 g. Uuringu tulemusena saab välja tuua, et mõlema lisatoitainete režiimi tulemusena paranes mõlemal grupil sügavküüki ja rinnaltsurumise kordusmaksimum, kuid rasvavaba kehamass tõusis vaid ajaliselt jaotatud valguallikaid manustanud grupil ehk grupil, kes manustas valgudoosi hommikul ja õhtul kindlal ajal. Teisel grupil – treeningust sõltuval lisavalguallikaid manustanud grupil – muutusi rasvavabas kehamassis ei detekteeritud (Burk *et al.*, 2009). Seega saab järeldada, et valgupõhiste toidulisandite manustamine parandab jõutreeningu näitajaid, kuid rasvavaba kehamass st lihaskoe mass suureneb paremini ajaliselt jaotatud valkude manustamise meetodi järgi ning suurem lihassmass korreleerub selgelt ka paremate jõunäitajatega ajalises lõikes.

4.4. Päevase valgukoguse jaotus põhisöögikordade vahel

Sportlase päevane valgukogus on küündib 2-3 g/kg päevas, mis võib olla üle kahe korra rohkem kui tavainimesel (Tipton & Wolfe, 2004). Kui tavainimene saab oma vajaliku päevase koguse valku kätte tarbitavast mitmekülgsest normkaloraažiga toidust, siis jõutreeninguga tegelev sportlane vajab treeningefektiivsuse tagamiseks ja jõunäitajate parandamiseks valktoitaineid, mille kogused tavatoidus sportlastele ebapiisavaks võivad osutuda (Tang *et al.*, 2007). Eelnevalt on selgitatud, mis kogustes ja millal treeningu suhtes kõige suuremad lihasvalkude sünteesifraktsioonid on registreeritud, kuid järgmisena on keskendutud sellele, millal päeva lõikes ja põhisöögikordi arvesse võttes on kõige kasulikum jagada päevane kogus valke nii, et lihasvalkude sünteesi maksimaalselt stimuleerida.

Res *et al.* (2012) uurisid suure valgukoguse tarbimise järgseid mõjusid pärast kehalist koormust ja vahetult enne magama minemist. Uurimusgrupi andmeil polnud varasemalt hinnatud hilise treeningu järgset taastumist öösel. Eesmärk oli leida erinevused enne magamaminemist saadud suurema valguannuse saanud grupi ja teise grupi vahel, kes seda ei saanud. Katsealusteks valiti 16 kehaliselt aktiivset ja tervet meest, kes jagati kahte gruppi: grupp, kes sai enne magamaminemist 40 g kaseiinivalguga rikastatud jooki ja grupp, kes sai tekstuurilt, maitsest ja välimuselt sarnast platseebojooki, milles ei sisaldunud valku. Kolm tundi enne magamajäämist olid kõik katsealused läbi teinud bilateraalse jõutreeningu jalgadele (vastupanuga põlveliigese ekstensioon ja fleksioon), mille järgselt said kõik katsealused 20 g vadakuvalku ja 60 g süsivesikuid. Kahe ja poole tunni pärast said katsealused uued, juba varasemalt mainitud joogid ja neilt võeti verd analüüsideks järgmise 8 h vältel lisaks lihasbiopsiatele. Tulemused antud uuringus näitasid, et vahetult enne magamaminemist manustatud valgupõhine toidulisand seediti täielikult ning vabad aminohapped imendusid seedesüsteemist suurel määral verre. Lisaks leiti, et kaseiinivalku manustanud grupis olnud meestel tõusis märkimisväärselt kogu organismi valgude süntees – lihasvalkude süntees oli 22% võrra kõrgem platseebojooki saanud grupist. Järeldusena saab väita, et enne magamaminekut tarbitud valgudoos loob soodsad tingimused kogu organismi valgutasakaalu parandamiseks sh lihasvalkude sünteesi tõstmiseks (Res *et al.*, 2012).

Selleks, et tagada lihasvalkude maksimaalne süntees, pole päevase valgukoguse jaotamise osas põhisöögikordade (hommiku-, lõuna-, ja õhtusöök) vahel veel täieliku ja üheselt kindla järelduseni jõutud. On uurimusi, mis korreleeruvad eelmises lõigus analüüsitud uurimustööga ja väidavad, et õhtusöögi suurem valgukogus intensiivistab öist valgusünteesi mitte ainult lihastes vaid kogu organismis. Seega on levinud arusaam, et enamik päevasest

valgukogusest oleks kasulik lihasproteiinide sünteesi intensiivistamise koha pealt tarbida õhtusöögiga (Deutz & Wolfe, 2013). Öö on ka aeg, mil organism on kõige pikemat aega ilma toiduta ehk vajab struktuursete reparaatsioonide ja funktsionaalsete valkude ülesehitamiseks pidevalt aminohappelist toorainet (Moore *et al.*, 2015).

Samas leidub ka allikaid, mis väidavad, et päeva lõikes pole tähtis, missuguse toidukorraga suurem osa valgust manustatakse. Mamerow *et al.* (2014) kirjeldatud uurimuse taustaks oligi juba eelnevalt seletatud õhtusöögi ajal suurima päevase valgukoguse tarbimine, kuid eesmärgiks oli determineerida, millise dieedi abil on lihasvalkude süntees intensiivsem – kas põhisöögikordade vahel võrdselt jaotatud valgukoguse või õhtusöögil saadud suurima valgukoguse puhul. Kusjuures mõlema dieedi puhul on kogu päevane tarbitav valgukogus täpselt sama. Katsealusteks valiti kaheksa tervet, kehaliselt aktiivset meest ja naist, kes läbisid 2 katseperioodi. Juhuslikus korras läbisid nad ühel katseperioodi dieediga, kus iga põhisöögikorraga said nad 30 g valku tavatoidu hulgas ning teisel katseperioodil oli jaotatud valkude osakaal järgmiselt: hommikusöögiga 10 g, lõunasöögiga 15 g ja õhtusöögiga 65 g valku. Katseperioodid kestsid nädala ning kahe perioodi vahel oli kuuajaline intervall. Uuringu tulemusena toodi välja, et jagades soovitusliku päevase valguportsjoni võrdselt põhisöögikordade vahel ära, saavutatakse paremad tulemused hoidmaks lihasvalkude sünteesi 24 tunni jooksul kõrgemal tasemel võrreldes sellega, kui tarbida enamus päevasest valgukogusest õhtusöögiga (Mamerow *et al.*, 2014).

Kokkuvõtvalt võib väita eelnevalt mainitud uurimustöid arvesse võttes, et tavainimene võiks oma organismis sh lihastes anaboolsete protsesside paremaks ööpäevaringseks stimuleerimiseks jagada päevase soovitusliku valguannuse võrdseteks osadeks kõigi põhisöögikordade vahel. Suurenenud lihasmassiga sportlased võiksid aga arvesse võtta, et nende suhteliselt suurem lihasmass vajab rohkem aminohappelist toorainet ehk nende menüüs võiks õhtusöögiga koos tarbida suurema koguse valku võrreldes hommiku- ja õhtusöögiga. Eesmärk sel puhul on see, et aminoatsideemia stimuleeriks lihasvalkude sünteesi ka öises puhkerežiimis.

4.5. Valgupõhised toidulisandid vs valgurikkad toiduained

Tugevad jõutreeningud, aga ka vastupidavustreeningud võivad kaasa tuua lihasvalkude tasakaalus tendentsi negatiivsele bilansile ehk ülekaalu saavutavad valke lõhustavad protsessid (Wilkinson *et al.*, 2008). Siinkohal võiksidki sportlased valkude tarvitamisega parandada lihasvalkude sünteesi intensiivsust. Valgupõhiste toidulisandite tarbimine on lihtne viis seda teha, kuid küsimus, kas vajaliku lisavalgu koguse saaks organism omandatud ka ilma

toidulisandeid manustamata on jäänud tänapäeval ilma kindla vastuseta osalt seetõttu, et laialt pole levinud teadmised tavatoidu valgusisaldusest.

Laialdast tõestust on leidnud väide, et valgupõhiste toidulisandite tarvitamine treeningujärgselt parandab lihastesisest valgusünteesi ja sellest tulenevalt jõunäitajate tulemusi jõutreeningul. Kusjuures valguannus pärast treeningut jääb 20 g ümber, sõltuvalt rasvavaba kehamassi suuruselt (Moore *et al.*, 2009; West *et al.*, 2011). Seega pole treeningujärgne soovitatav kogus lisavalku sugugi suur, et saavutada lihastes anaboolsete protsesside ülekaal. Valgurikastest toiduainetest vastavad 20 g valgusisaldusele näiteks ~70-90 g kvaliteetset kala-, kalkunil-, kana-, veise- või sealiha. Lisaks veel ~75 g maapähkleid, ~155 g sojaube, ~80 g pastöriseeritud juustu, ~600 ml piima, ~3 muna, ~250 g kohupiima, ~440 g kuivatatud aprikoose, ~7 apelsini, ~3 l apelsinimahla, ~700 g kartuleid, ~180 g pastat, ~270 g riisi (USDA, 2017). Arusaadavalt ei paku loetelu alguses olevad valgurikkad toiduained manustamise mugavuse suhtes konkurentsi rafineeritud valgupulbritele, mille puhul ühele annusele tuleb harilikult lisada kõigest 400-500 ml vett. Siiski, uuringute kohaselt, mis selgitasid välja treeningujärgse valguannuse manustamise aja, ei olnud lihasvalkude sünteesinäituses pikema aja jooksul vahet, kas tarbiti valku koheselt treeningjärgselt või mõne tunni pärast (Witard *et al.*, 2014). See aga annab alust arvata, et treeningjärgse eine valmistamisele kuluv aeg ei ole relevantne lihasvalkude sünteesi seisukohalt.

Veelgi enam, on leitud, et kolme grupi vahel, kes kõik tarvitasid samasuguse koguse valku sama perioodi vältel ning osalesid sama mahu ja intensiivsusega treeningutel oli lihasvalkude sünteesinäit parim, kui tarbiti väikesemaid valgukoguseid pika aja jooksul ühes päevas. Moore *et al.* (2012) jõudsid sellise tulemuseni oma uuringus, mille taustaks oli tasakaalustatud valguannustamise puhul täheldatud väiksem lihasvalkude katabolism. Uuring viidi läbi 24 noormehe vahel, kes olid jaotatud 3 gruppi, kes said kõik 80 g vadakuvalku 12 tunni jooksul pärast treeningut. Esimene grupp sai pulseeritud viisil 10 g valku iga 1,5 tunni järel (kaheksal korral), teine grupp sai kahel korral suure annusena 40 g vadakuvalku iga kuue tunni järel ja kolmas, vahepealne grupp sai neljal korral iga kolme tunni järel 20 g annuse. Tulemusena raporteeriti, et 12 tunni vältel pärast kehalist koormust (bilateraalne põlveliigese ekstensioon) manustatud valgukogustest suutis intensiivsemat lihasvalgu sünteesi hoida väikeste (10 g) annuste manustamise grupp. Uuringugrupp teatab ka, et kogu keha valkude süntees (st mitte ainult lihasvalgud) oli kõrgeim siiski vahepealse valgumanustamise meetodil ehk 20 g iga kolme tunni järel (Moore *et al.*, 2012). Seega on valkude süntees inimorganismi

kõikides kudedes sh ka lihaskoes intensiivseim tasakaalustatud kindla koguse (20-30 g) manustamisel kogu päeva lõikes jaotatuna ühtlaste ajaliste intervallidena (Mamerow *et al.*, 2014; Moore *et al.*, 2012).

Järelikult saaks teoorias sportlane ka tavatoiduga oma kõrgema päevase valguvajaduse kaetud, kui ta treeningjärgselt suudab valgurikaste toiduainete töötlemisel neid manustada mõne tunni jooksul pärast treeningut või pidevalt päeva jooksul 10-20 g kvaliteetseid valgudoose tarbides. Ülalasetsevas loetelus olevate valgurikaste toiduainete andmete põhjal selgub, et valgurikkad toiduained on eelkõige loomse päritoluga. Järelikult on ka vajaliku valgukoguse omandamine kergem väiksema toidukoguse puhul, kui seda oleks taimsete toiduainete juures. Loomsete toiduainete tarvitamist toetab ka tõik, et nende valgulises koostises on aminohappe leutsiin kontsentratsioon kõrgem. Leutsiin aga on uuringute järgi võtmerollis lihasvalkude sünteesi intensiivistamises (Churchward-Venne *et al.*, 2014).

Valgupõhiste toidulisandite kasuks räägib omakorda suurenenud lihasmassiga sportlaste vajadus suuremate valgukoguste järele. Piisavalt suure lihasmassiga sportlaste jaoks ei pruugi tavatoidust kättesaadav valguhulk osutada lihasvalkude sünteesi stimuleerivaks, sest toidukogused läheksid liiga suureks. See omakorda tekitaks probleeme nii selle tarbimises, kui ka sportlase majanduslikus seisukorras. Seega on valgupõhise toidulisandi eelis valgurikaste toiduainete ees kergelt määratav valguline kogus, hea kvaliteediga rafineeritud valgu ja aminohapete käepärasus ja tarbimise mugavus.

KOKKUVÕTE

Kogu bakalaureusetööst jääb teaduslikele uuringutele tuginedes kokkuvõtvalt esile tees, et jõutreeningute tulemuslikkuse saavutamisel aitab palju treeningperioodil tarvitatud valguallikas, mis tagab lihastes valgusünteesi, pöördides seega pikema aja jooksul paremate jõunäitajatenä. Valgukogused, mida sportlased pärast jõutreeningut tarvitama peaksid, sõltuvad otseselt treeningute mahust, intensiivsusest ja treeningu suunitlusest. Näiteks suurenenud mahu ja intensiivsusega treeningutel on sportlastel soovituslik tõsta oma päevast valgu- ja ka süsivesikute tarbimist, kuna neil treeningutel on vaja taastada organismi ja lihaste energiavarud ning tagada valkudega lihasstruktuurides anaboolsete protsesside ülekaal.

Uuringute alusel on lihasvalkude sünteesi maksimaalselt stimuleerivaks koguseks 20-25 g valku, kuid kogu keha hõlmaval jõutreeningul on saadud intensiivsemaid lihasvalkude sünteesinäite ka 40 g valgu korraga manustamisel. Samuti on eakamatel inimestel saavutatud intensiivsemaid lihasvalkude sünteesinäite 40 g vadakuvalgu manustamisel võrreldes 20 g doosidega. 10 g valku on uuringute kohaselt minimaalne kogus regulaarsete treeningute puhul, mis indutseeriks lihasvalkude sünteesi paremaid tulemusnäite. Palju on diskuteeritud ka valguallikate ja nende aminohappelise sisalduse üle. Valguallikatest on uurimuste käigus parimaid tulemusi saadud vadakuvalku sportlastele treeningjärgselt manustades, kuid ka munavalgu koostis on rikas asendamatute aminohapete poolest. Teaduskirjanduses on tõendatud, et suurenenud aminohappe leutsiin sisaldus treeningjärgses valguannuses annab ka suurema efekti lihasvalkude sünteesi stimulatsioonis ning seepärast loetakse leutsiini ja teisi HAAH võtmekomponentideks valkude koostises. Küsimuses, kuidas ajastada valkude tarbimist treeningu suhtes, on olnud pikalt seisukohal, et lihasvalkude sünteesi jaoks oleks kõige kasulikum valke tarbida koheselt pärast jõutreeningut. Uuringute järgi pole vahet, kas tarvitada valgusegu enne treeningut, vahetult selle järgselt või tund pärast treeningut – sellega muudetakse ainult vabade aminohapete kontsentratsiooni suurenemist veres varasemaks või hilisemaks, kuid see tase ühtlustub 1-2 tunni jooksul ning pikas perspektiivis pole see jõutreeningu efektiivsust arvestades oluline. Jõutud on järeldusele, et päevase valgukoguse jaotamine võrdselt toidukordade vahel aitab treeningjärgse valguallika manustamisega koostöös hoida pidevalt kõrgemat lihasvalkude sünteesi. Kokkuvõtvalt on sportlastel soovitatav kasutada pärast jõutreeningut valguallikaid, kuna see intensiivistab lihasesiseste valkude sünteesi ning seeläbi parandab regulaarsete treeningute käigus ajalises lõikes jõunäitajate tulemusi. Soovitatav on kasutada valguallikatena valgupõhiseid toidulisandeid, kuna nende doseerimine ning tarvitamine on sportlasele mugav ja kergesti kontrollitav.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Aragon AA, Schoenfeld BJ. Nutrient timing revisited: is there a post-exercise anabolic window? *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2013; 10: 5.
2. Burk A, Timpmann S, Medijainen L, Vähi M, Ööpik V. Time-divided ingestion pattern of casein-based protein supplement stimulates an increase in fat-free body mass during resistance training in young untrained men. *Nutrition Research* 2009; 29: 405-413.
3. Churchward-Venne TA, Breen L, Di Donato DM, Hector AJ, Mitchell CJ *et al.* Leucine supplementation of a low-protein mixed macronutrient beverage enhances myofibrillar protein synthesis in young men: a double-blind, randomized trial. *American Journal of Clinical Nutrition* 2014; 99: 276-286.
4. Churchward-Venne TA, Burd NA, Phillips SM. Nutritional regulation of muscle protein synthesis with resistance exercise: strategies to enhance anabolism. *Nutrition & Metabolism* 2012; 9: 40.
5. D'Lugos AC, Luden ND, Faller JM, Akers JD, McKenzie AI *et al.* Supplemental protein during heavy cycling training and recovery impacts skeletal muscle and heart rate responses but not performance. *Nutrients* 2016; 8: 550.
6. Deutz NE, Wolfe RR. Is there a maximal anabolic response to protein intake with a meal? *Clinical Nutrition* 2013; 32: 309-313.
7. Doroshenko VG, Lobanov AO, Fedorina EA. The Directed Modification of *Escherichia coli* MG1655 to Obtain Histidine-Producing Mutants. *Biochemistry and Microbiology* 2013; 49-2: 130-135.
8. Eesti keele seletav sõnaraamat. <http://www.eki.ee/dict/ekss/index.cgi?Q=ainevahetus&F=M> 13.04.2017.
9. Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine* 2007; 37 (2): 145-168.
10. Humayun MA, Elango R, Ball RO, Pencharz PB. Reevaluation of the protein requirement in young men with the indicator amino acid oxidation technique. *American Journal of Clinical Nutrition* 2007; 86 (4): 995-1002.
11. Macnaughton LS, Wardle SL, Witard OC, McGlory C, Hamilton DL *et al.* The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is

- greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. *Physiological Reports* 2016; 4 (15): e12893.
12. Mamerow MM, Mettler JA, English KL, Casperson SL, Arentson-Lantz E *et al.* Dietary protein distribution positively influences 24-h muscle protein synthesis in healthy adults. *Journal of Nutrition* 2014; 144: 876-880.
 13. Mettler S, Mitchell N, Tipton KD. Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2010; 42 (2): 326-337.
 14. Moore DR, Areta J, Coffey VG, Stellingwerff T, Phillips SM *et al.* Daytime pattern of post-exercise protein intake affects whole-body protein turnover in resistance-trained males. *Nutrition & Metabolism* 2012; 9: 91.
 15. Moore DR, Churchward-Venne TA, Witard O, Breen L, Burd NA. Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. *Journal of Gerontology, Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2015; 70 (1): 57-62.
 16. Moore DR, Robinson MJ, Fry JL, Tang JE, Glover EI *et al.* Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2009; 89: 161-168.
 17. Newham DJ, McPhail G, Mills KR, Edwards RHT. Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. *Journal of the Neurological Sciences* 1983; 61: 109-122.
 18. Phillips SM, Van Loon LJC. Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptation. *Journal of Sports Sciences* 2011; 29 (S1): S29-S38.
 19. Res P, Groen B, Pennings B, Beelen M, Wallis G *et al.* Protein ingestion prior to sleep improves post-exercise overnight recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2012; 44: 1560-1569.
 20. Slater G, Phillips SM. Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *Journal of Sports Sciences* 2011; 29 (S1): S67-S77.
 21. Sowers S. A primer on branched chain amino acids. *Huntington College of Health Sciences* 2009.

22. Stellingwerff T, Maughan RJ, Burke LM. Nutrition for power sports: Middle-distance running, track cycling, rowing, canoeing/kayaking, and swimming. *Journal of Sports Sciences* 2011; 29 (S1): S79–S89.
23. Zilmer M, Karelson E, Vihalemm T, Rehema A, Zilmer K. Inimorganismi biomolekulid ja nende meditsiiniliselt olulisemad ülesanded. Inimorganismi metabolism, selle häired ja haigused. Tartu; 2010.
24. TAI (Tervise arengu insituut). Eesti toitumis- ja liikumissoovitused. 2015.
https://intra.tai.ee//images/prints/documents/149019033869_eesti%20toitumis-%20ja%20liikumissoovitused.pdf 13.04.2017.
25. Tang JE, Manolagos JJ, Kujbida GW, Lysecki PJ, Moore DR *et al.* Minimal whey protein with carbohydrate stimulates muscle protein synthesis following resistance exercise in trained young men. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* 2007; 32: 1132-1138.
26. Tang JE, Moore DR, Kujbida GW, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *Journal of Applied Physiology* 2009; 107: 987-992.
27. Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Aarsland AA, Sanford AP *et al.* Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism* 2007; 292: E71-E76
28. Tipton KD, Rasmussen BB, Miller SL, Wolf SE, Owens-Stovall SK *et al.* Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism* 2001 281: E197-E206.
29. Tipton KD, Wolfe RR. Protein and amino acids for athletes. *Journal of Sports Science* 2004; 22: 65-79.
30. USDA (United States Department of Agriculture). Food Composition Databases.
<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/nutrients/report?nutrient1=504&nutrient2=&nutrient3=&&max=25&subset=0&offset=0&sort=c&totalCount=5042&measureby=g> 11.04.2017.
31. USDA (United States Department of Agriculture). Food Composition Databases.

- <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/nutrients/report/nutrientsfrm?max=25&offset=0&totalCount=0&nutrient1=203&nutrient2=504&nutrient3=&subset=1&sort=c&measureby=m> 23.04.2017.
32. West DWD, Burd NA., Coffey VG, Baker SK, Burke LM *et al.* Rapid aminoacidemia enhances myofibrillar protein synthesis and anabolic intramuscular signaling responses after resistance exercise. *American Journal of Clinical Nutrition* 2011; 94: 795-803.
 33. Westcott WL. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current Sports Medicine Reports* 2012; 11-4: 209-216.
 34. Wilkinson SB, Phillips SM, Atherton PJ, Patel R, Yarasheski KE. Differential effects of resistance and endurance exercise in the fed state on signalling molecule phosphorylation and protein synthesis in human muscle. *Journal of Physiology* 2008; 586 (15): 3701–3717.
 35. Witard OC, Cocke TL, Ferrando AA, Wolfe RR, Tipton KD Increased net muscle protein balance in response to simultaneous and separate ingestion of carbohydrate and essential amino acids following resistance exercise. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* 2014; 39: 329-339.
 36. Witard OC, Wardle SL, Macnaughton LS, Hodgson AB, Tipton KD. Protein considerations for optimising skeletal muscle mass in healthy young and older adults. *Nutrients* 2016; 8: 181.
 37. WHO (World Health Organization). Protein and amino acid requirements in human nutrition. 2007.
http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43411/1/WHO_TRS_935_eng.pdf?ua=1
13.04.2017.
 38. Wolfe RR. Skeletal muscle protein metabolism and resistance exercise. *Journal of Nutrition* 2006; 136 (2): 525S-528S.
 39. Yang Y, Breen L, Burd NA, Hector AJ, Churchward-Venne TA *et al.* Resistance exercise enhances myofibrillar protein synthesis with graded intakes of whey protein in older men. *British Journal of Nutrition* 2012; 108: 1780-1788.

SUMMARY

Protein intake: impact on the efficiency of resistance training

The central thesis of this bachelor's research concentrates on the idea that efficiency of resistance trainings can be promoted by consumption of additional protein supplementation during a period of trainings. Additional protein ensures intensive muscle protein synthesis, culminating in better indicators of resistance, obtained over the time. The amount of proteins that athletes should consume after resistance training directly depend on the amount, intensity and focus of trainings.

Based on multiple analyzed researches, the amount of proteins that stimulate muscle protein synthesis maximally in young physically active people is 20-25 grams, though in case of resistance training including entire body, better results were obtained consuming 40 g proteins at a time. There is also higher intensity on muscle protein synthesis for elderly people consuming 40 g of proteins instead of 20 g. On the other hand, 10 g of proteins is considered the minimal amount in case of regular trainings, which could induce better results of muscle protein synthesis. Among the sources of proteins, the best results showed administering whey protein to athletes after trainings, though ingredients of egg white are rich in essential amino acids too. Scientific literature provides much evidence for a fact that increased content of amino acid leucine in post-training dose of protein gives better effect in the stimulation of muscle protein synthesis, therefore leucine and other BCAA (branched chained amino acids) are considered the key components in the composition of proteins. As for to timing of protein consumption relating to training – for many years the opinion ruled that the most useful way of consuming proteins was after resistance training. On the contrary, researches revealed that consuming mixture of proteins directly prior to training, immediately after it or in an hour after training only concentration of free amino acids in blood are changed to either earlier or later increase. However, the level of amino acids flattens out within 1-2 hours, and in longer perspective it plays no major role in manifestation of the positive effect in muscle protein synthesis. Researchers have found out that distribution of daily amount of proteins equally between meals in combination with administering post-training source of protein helps maintain continuously high muscle protein synthesis rate. To sum up, athletes are recommended to use additional source of protein upon resistance training as it undisputedly intensifies muscle protein synthesis and thus improves the results of resistance training in terms of time. The recommendation for athletes is to use protein-based supplements as source of proteins as administering and consuming them is convenient and easily controllable.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Märt Lellsaar, sündinud 13. novembril 1990. aastal:

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Valgutarbimise mõju jõutreeningu efektiivsusele“, mille juhendaja on prof. Vahur Ööpik:
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi, ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 2.05.2017
